

Aplicação do Método Analytic Hierarchy Process para Priorização de Serviços de Rastreamento Veicular

Resumo. *Este artigo tem como objetivo apresentar uma aplicação do Analytic Hierarchy Process para priorização de projetos de serviços de rastreamento veicular. O Analytic Hierarchy Process (AHP) é um dos principais modelos matemáticos para apoio à decisão disponíveis no atualmente, que a partir de um objetivo bem definido realiza comparações entre os critérios propostos e seleciona a melhor alternativa a ser adotada. Afim de apresentar essa ferramenta numa real situação, será utilizado um questionário repassado a funcionários de uma empresa que realiza o serviço de rastreamento para gerar a escala de prioridades a ser utilizada com base na experiência tida com clientes que buscam este tipo de serviço. Por fim, será modelado um problema de decisão que retratará a situação a ser resolvida, bem como será realizada uma análise de simulação.*

Palavras-chave: *Rastreamento veicular. Global Position System. Processo de Análise Hierárquica. AHP. Método multicritério.*

Abstract. *This paper intends to present an application of the Analytic Hierarchy Process for prioritization of vehicle tracking system. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is one of the leading mathematical models for decision support theory available in the market, from a well-defined goal performs comparisons between the proposed criteria and selects the best alternative to be adopted. This will use a questionnaire passed on to employees of a company that does the tracking service to generate the priority scale to be used based on the experience taken with customers looking this type of service. It will also be made a model to represent the decision-making, which will serve as a base to portray the situation to be resolved.*

Keywords: *Vehicle tracking system. Global Position System. Analytic Hierarchy Process. AHP. Multicriteria method.*

1. Introdução

Devido ao grande fluxo de transporte para distribuição de cargas na logística brasileira, o número de sistemas de monitoramento e rastreamento de veículos em tempo real vem crescendo. Esses são sistemas avançados para informação e gerenciamento de veículos. Utilizando um dispositivo eletrônico instalado em um ou mais veículos, geralmente instalados sob o painel ou locais de difícil acesso, que coletam dados úteis e permitem aos usuários rastrear a localização dos veículos e dos seus movimentos em tempo real.

Sistemas de rastreamento de veículos são úteis para empresas com uma frota de veículos, uma vez que permitem a fácil gestão da operação do negócio, possibilitando o monitoramento da frota, comportamento de condução por parte dos motoristas e de

segurança. Esses sistemas também podem aumentar a eficiência das empresas, reduzindo os custos com combustíveis, melhorando a alocação de recursos, etc. Através da telemetria, é possível que transportadoras, empresas de ônibus, possam conhecer e melhorar os hábitos de seus motoristas, utilizando as informações relativas à condução do veículo. Os recentes avanços tecnológicos dos sistemas de rastreamento veicular, permitiram a recuperação de até 25% as cargas roubadas. (RUSSI FILHO, 2010).

A aquisição desse serviço é muitas vezes complexa devido ao grande número de critérios para o processo de escolha. Por vezes percebe-se clientes que ficam em dúvida sobre qual serviço de rastreamento é o mais apropriado para seu negócio. Embora ele saiba quais são suas necessidades, existirão sempre dúvidas no processo de tomada de decisão. Pensando nisso esse trabalho tem como objetivo a aplicação do método AHP, que é oriundo da metodologia multicritério para priorização de alternativas, com a presença de múltiplos critérios distribuídos em níveis hierárquicos para a escolha de qual serviço de rastreamento se encaixa no que o tomador de decisão necessita. A escolha do método se deu pela sua eficácia ao selecionar uma opção dentre as alternativas possíveis, considerando aspectos qualitativos e quantitativos através de comparações paritárias entre os critérios propostos.

2. Rastreamento Veicular

Sistemas de rastreamento (SR) de veículos em geral contam com a tecnologia GPS (*Global Position System*) para gravar a informação transmitida a partir do hardware instalado no veículo, como a localização, velocidade e direção do veículo, sem a necessidade de interação ou a intervenção do motorista. O rastreamento veicular teve início junto com a tecnologia GPS. Segundo Drago e Disperati (1996), o desenvolvimento do sistema GPS teve seu início em meados de 1973 e tinha uso exclusivo para fins militares pelo governo dos Estados Unidos. Nos seus primeiros anos, essa tecnologia ainda não era operacional, devido a um número insuficiente de satélites que orbitam a Terra. Belório (2005, p. 12) afirma que 24 satélites a uma altitude de 24000km na órbita terrestre compõem o sistema GPS. Em 17 de janeiro de 1994, depois de anos de crescimento gradual, foi lançado o último dos primeiros 24 satélites e o sistema GPS foi considerado totalmente operacional e logo após foi aberto para o uso civil.

Prodan et al. (1997) afirmam que a utilização de equipamentos receptores GPS, são de suma importância, pois além de fornecerem informações em tempo real, eles também armazenam em memória uma grande quantidade de dados, tais como coordenadas, rotas, entre outros. Assim, fazendo o uso desta ferramenta, pode-se traçar rotas de navegação com o intuito que se obtenha o máximo de precisão em uma série de medidas. Sistemas de rastreamento de veículos são geralmente classificados em duas categorias, de acordo com a sua função, normalmente referidos como "passivo" ou "ativo". De acordo com Wolf (2000), um sistema passivo não fornece informações em tempo real, ele armazena os dados na unidade de rastreamento até que o veículo retorna ao depósito ou escritório. Esta informação pode, então, ser transferida para um computador.

Rastreamento veicular passivo é normalmente utilizado para verificar as atividades do condutor/motorista, tais como a verificação de rota, faturamento e o tempo gasto com os clientes; no entanto, um sistema de rastreamento de veículo passivo não transmite os dados em tempo real. Um sistema de rastreamento de veículo ativo por outro lado, é usado para rastrear um ou mais veículos em tempo real via software. Esse

monitoramento em tempo real facilita a gestão da informação da frota e fornece um amplo atendimento ao cliente, como um despachante pode ver a localização dos veículos imediatamente e, portanto, de forma eficiente alocar os motoristas aos veículos corretos. A transparência total oferecida pelos sistemas de rastreamento ativos podem, sem dúvida, proporcionar às empresas mais benefícios do que as passivas, como a avaliação e análise são feitas instantaneamente. No entanto, as empresas devem avaliar as suas necessidades antes de decidir sobre uma solução de rastreamento de veículos passiva ou ativa.

Segundo Siqueira (2012), o transporte público também é um grande beneficiado deste tipo de tecnologia, tendo em vista que Londres em meados da década de 90, mesmo sem a popularização da tecnologia GPS já estava implantando seu sistema de rastreamento. Ainda segundo Siqueira (2012), no Brasil existem cidades variando entre médio e grande porte que já adotam o rastreamento por GPS como parte da gestão de suas frotas. Porém, também é utilizado por pessoas físicas, pois o uso deste tipo de ferramenta, auxilia na segurança, tendo em vista que é possível fazer o rastreio em tempo real, caso o veículo seja furtado, pode-se facilmente rastreá-lo e entrar em contato com autoridades competentes para tentar recuperá-lo.

De acordo com Segadilha e Sanches (2004), a tecnologia GPS possui uma grande utilidade também para ciclistas, pois a coleta de dados em tempo real sobre o comportamento dos mesmos tem uma enorme possibilidade em eliminar os erros que são impulsionados pelos próprios ciclistas, como em casos de utilizar a pior rota.

No caso de um roubo, deve-se entrar em contato com as autoridades competentes munido da localização do veículo. Uma vez que é possível consultar a localização do veículo, fica a cargo do usuário fornecer a localização para alguma autoridade competente, com intuito de que seja recuperado o veículo.

Os critérios para a escolha de um sistema de rastreamento veicular são extremamente importantes, pois é necessário utilizar um serviço de qualidade para que possa ser feita uma boa gestão da frota. Um ponto forte a ser analisado é o tipo de equipamento utilizado pela empresa prestadora do serviço. Caso ela utilize equipamentos que não são os melhores do mercado, deve-se tomar cuidado, pois são eles quem enviam as informações de geolocalização as quais são necessárias para ser realizado o monitoramento. Outro fator importante são feedbacks de outros clientes da empresa prestadora do serviço, verificar o nível de satisfação de outros que já utilizam o serviço ao qual está sendo analisado.

3. Processo de Análise Hierárquica

A importância da tomada de decisão vem crescendo, principalmente quando a decisão assume a necessidade do caráter racional e descarta questões como *feelings* e achismos, firmando-se em critérios quantitativos, sempre levando em consideração o tempo hábil. Dentre as inúmeras ferramentas de Pesquisa Operacional o método AHP (Analytic Hierarchy Process) realiza a divisão de um problema de decisão numa hierarquia em vários níveis, para que o decisor possa entender o problema de forma mais simples. Uma vez que a hierarquia é feita com o objetivo bem definido, os critérios escolhidos e as alternativas reconhecidas, é formada a matriz de decisão, método que vem sendo utilizado com muita frequência nas organizações, em diversas áreas e diversos setores como sendo um método bastante adequado para resolver problemas decisórios.

O método da análise hierárquica de processos, ou simplesmente AHP, foi criado por Thomas Lorie Saaty nos anos de 1970 para apoiar os tomadores de decisão no processo de priorização. Para Saaty (1997) a decisão complexa necessita de formas mais fáceis de pensar e entender o problema, e principalmente de ferramentas que permitam analisar problemas complexos de maneira simples. A proposta do método é fazer comparações entre os pares de alternativas, levando em consideração o julgamento das prioridades do decisor. Para Perdigão (2012) o AHP identifica a melhor opção dentro das alternativas possíveis e ajuda na determinação e prioridades, considerando aspectos quantitativos e qualitativos, através da redução de decisões complexas a decisões comparativas par a par. Para Saaty (2010) o método pode ser melhor representado conforme a figura abaixo (Figura 1).

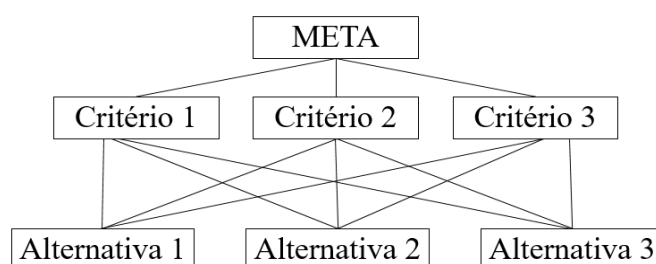


Figura 01: Estrutura hierárquica decisória (adaptado Gartner, 2001)

O levantamento da escala de prioridades deve ser feito por um especialista que deve traduzir os valores da escala abaixo (figura 02) para o decisor. Cabe ao especialista de decisão a importante tarefa de transpor as comparações em valores quantitativos, evitando inconsistências. A escala fundamental de Saaty é absoluta e atribui intervalos de valores de 1 a 9, representando a prevalência entre os elementos.

VALORES	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Igualmente importantes	Ambos elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Moderadamente mais importante	Julgamento levemente superior
5	Forte importância	Elemento é fortemente preferido
7	Muito fortemente preferido	Relação de dominância entre os elementos é muito clara
9	Extrema importância	Dominância absoluta
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Valores de dúvida

Figura 02 – Escala Fundamental de Saaty, (adaptado de Saaty, 1980)

Esse método auxilia o tomador de decisão a identificar quais serão suas prioridades, possibilitando a realização de comparações por pares, visto que, o AHP trata o problema de forma hierárquica, determinando de forma clara e por meio da síntese dos valores dos agentes de decisão, uma medida global para cada uma das alternativas.

4. Objetivos

Foi percebido que existe uma grande dúvida por parte de empresas que buscam o serviço de rastreamento veicular em relação a qual pacote de serviços escolher. Tendo essa dúvida como base, foi escolhida uma empresa que realiza o serviço de

rastreamento veicular situada na cidade de Guarabira – PB, sendo esta a Show Tecnologia, para obter dados em relação aos seus atuais e possíveis novos clientes em relação a escolha de qual pacote de serviço comprar. O objetivo geral do trabalho é analisar os problemas enfrentados no ato de escolher qual serviço de rastreamento veicular contratar e como um método multicritério de decisão pode auxiliar na tomada de decisão, sendo ela complexa ou não.

5. Metodologia

Para atingir os objetivos deste trabalho, optou-se pela utilização do método AHP de apoio multicritério à decisão. Será feita uma aplicação para priorização de compra de rastreadores veiculares. Para isso foi utilizado o software Microsoft Excel para o cálculo, modelagem e análise das decisões. Com base na escala fundamental de Saaty, um questionário foi elaborado para ser respondido por quatro vendedores da empresa escolhida para que pudessem ser levantados os pesos em relação aos critérios que foram propostos. O problema que será estudado foi escolhido, pois se tornou recorrente, ou seja, um cliente chega para comprar o serviço de rastreamento e ele fica em dúvida em quais opções de pacote comprar, pois se depara com várias opções de alternativas e não sabe ao certo qual se ajusta mais às suas necessidades, sendo necessário sempre momento de muita discussão para escolha do serviço que será comprado.

Para materializar com mais realismo o problema, será estruturado um caso que retratará uma questão rotineira que ocorre no processo de venda de rastreamento veicular, utilizando o método de decisão multicritério AHP.

6. Aplicação do método

A primeira etapa é definir o objetivo que é priorizar a compra de tipos de serviços de rastreamento. Logo após definiu-se os critérios que serão analisados no problema de decisão, são eles: preço, relatórios básicos, relatórios avançados e atendimento on line. O passo seguinte foi levantar as alternativas, ou seja, as opções de pacote de serviços que podem ser comprados.

6.1. Gerando a matriz de decisão

Para gerar a matriz de decisão para escolha de um serviço de rastreamento, foi utilizado o método AHP para fazer a análise de três serviços contendo 4 critérios cada.

Tendo em vista como o método deve ser utilizado, utilizamos estruturas hierárquicas, que servem para auxiliar a avaliação da situação. No primeiro nível temos a meta que, no exemplo usado, será a escolha de um Serviço de Rastreamento; no segundo nível temos os critérios que são Relatórios Básicos, Relatórios Avançados, Atendimento e Preço; no terceiro nível, temos as alternativas que são o Serviço 1, Serviço 2, Serviço 3 e Serviço 4.

A figura 03 retrata os critérios que foram utilizados para a escolha do serviço de rastreamento. Os critérios foram escolhidos de acordo com a necessidade de clientes e experiência de pessoas envolvidas na organização que prestam o serviço de rastreamento.

Critério	C _i
Preço	C ₁
Relatórios Básicos	C ₂
Relatórios Avançados	C ₃
Atendimento	C ₄

Figura 03 – Critérios de comparação

Preço – É o critério utilizado para expressar o valor que será desembolsado pela empresa que irá arcar para poder contratar o serviço de rastreamento. Além do valor do serviço, demais fatores estão incorporados a este valor, tais como, as despesas de implantação, os equipamentos, etc.

Relatórios Básicos – Consiste em relatórios gerados a partir dos dados que são enviados pelos equipamentos que estão atrelados ao veículo, tais como, relatório de excesso de velocidade, relatório de coordenadas, entre outros.

Relatórios Avançados – Este consiste em relatórios que são mais aprimorados e obtém dados relevantes a determinadas empresas, tais como, relatórios que tratam da jornada de trabalho do motorista, relatórios que determinam quais melhores rotas para economizar combustível, etc.

Atendimento – Consiste no atendimento on line ou presencial ao cliente podendo ser útil em várias situações, pois em determinados momentos, o cliente necessitará de um atendimento personalizado ou até mesmo fora do horário comercial, tendo em vista que pode-se medir o tempo para resolução de dúvidas, os meios (tecnologias) de atendimento, etc.

Também foram definidos os serviços de rastreamento que devem ser considerados por quem pretende contratar o mesmo. Tais serviços são pacotes oferecidos pela empresa escolhida para a pesquisa, onde o cliente terá que optar por um deles. Os serviços serão denominados como serviço 1, serviço 2, serviço 3 e serviço 4. A figura 04 apresenta uma breve descrição de cada serviço.

Serviço	Descrição
Serviço 1	Serviço que contém poucos relatórios básicos e sendo de baixo custo, com atendimento apenas em horário comercial.
Serviço 2	Serviço que possui relatórios básicos e avançados, com atendimento apenas em horário comercial.
Serviço 3	Serviço que contém todos os relatórios básicos, alguns relatórios avançados e atendimento 24h.
Serviço 4	Serviço que contempla todos os relatórios básicos e avançados, atendimento personalizado 24h por vários meios de tecnologia.

Figura 04 – Descrição dos serviços

O modelo estruturado pelo problema em questão, é representado de forma resumida pela figura 05.

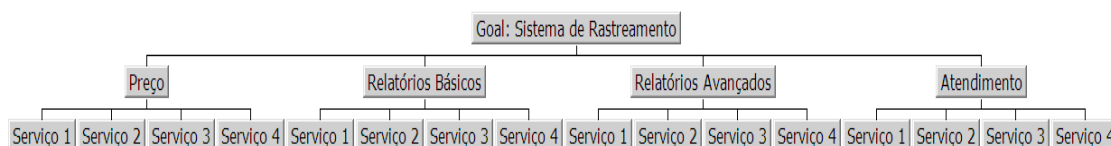


Figura 05 – Modelo estruturado

A partir dos das necessidades conhecidas que os clientes enfrentam, foi repassado um questionário para quatro vendedores da empresa escolhida. O propósito do questionário é para que os vendedores pudessem responder as necessidades que mais eram questionadas por possíveis e atuais clientes.

Para exemplificar os passos que devem ser seguidos para realizar as comparações paritárias, iremos abordar um exemplo prático antes de realizar a comparação do problema em questão. Para tal, como dito anteriormente, devemos utilizar a escala fundamental de Saaty e tendo esta como base, realizaremos a comparação como exemplificado na figura 06.

	CRITÉRIO 1	CRITÉRIO 2
Crítério 1	1	Avaliação Numérica
Crítério 2	1/Avaliação Numérica (Recíproco)	1

Figura 06 – Matriz comparativa (supondo que critério 1 domina o critério 2)

A figura 07 representa de acordo com os dados obtidos a partir do questionário, qual o peso relativo a cada critério, gerando assim uma matriz que será utilizada para calcular e interpretar os pesos de cada critério.

	Preço	Rel. Básicos	Rel. Avançados	Atendimento
Preço	1	1/5	5	1/3
Rel. Básicos	5	1	9	1
Rel. Avançados	1/5	1/9	1	1/5
Atendimento	3	1	5	1

Figura 07 – Matriz comparativa dos critérios escolhidos

Para poder interpretar os pesos e também dar o peso relativo a cada um dos critérios, primeiramente precisamos normalizar a matriz que foi mostrada anteriormente. O passo que é seguido para realizar a normalização da matriz é executado pela divisão entre cada um dos valores da tabela juntamente com o somatório de cada coluna, como podemos ver na figura 08 e na figura 09.

	Preço	Rel. Básicos	Rel. Avançados	Atendimento
Preço	1	1/5	5	1/3
Rel. Básicos	5	1	9	1
Rel. Avançados	1/5	1/9	1	1/5
Atendimento	3	1	5	1
Somatório	9,2	2,31	20,00	2,53

Figura 08 – Matriz comparativa dos critérios escolhidos juntamente com o somatório

Preço	$1/9,2 = 0,11$	0,09	0,25	0,13
Rel. Básicos	$5/9,2 = 0,54$	0,43	0,45	0,39
Rel. Avançados	$(1/5)/9,2 = 0,02$	0,05	0,05	0,08
Atendimento	$3/9,2 = 0,33$	0,43	0,25	0,39

Figura 09 – Matriz comparativa normalizada

O próximo passo a ser seguido é calcular o vetor de prioridade. O vetor de prioridade apresenta os pesos relativos entre cada critério em si e podemos obtê-lo por meio da média aritmética do valor de cada critério, como representado na figura 07. Deve-se lembrar que a soma dos valores do vetor de prioridade deve ter o total de 1.

	Vetor de Prioridade
Preço	$[0,11+0,09+0,25+0,13]/4 = 0,14 \rightarrow 14\%$
Relatórios Básicos	$[0,54+0,43+0,45+0,39]/4 = 0,46 \rightarrow 46\%$
Relatórios Avançados	$[0,02+0,05+0,05+0,08]/4 = 0,05 \rightarrow 5\%$
Atendimento	$[0,33+0,43+0,25+0,39]/4 = 0,35 \rightarrow 35\%$

Figura 10 – Vetor de prioridade

Os valores que foram obtidos através do vetor de prioridade, tem um grande significado dentro do modelo AHP, pois o vetor determina qual o peso de tal critério para chegarmos ao resultado total da meta.

As informações colhidas foram utilizadas para seguir as etapas do modelo AHP e a partir daí, foram criadas as matrizes que servem como comparações paritárias por meio dos critérios de avaliação. Assim, foram elaboradas as seguintes matrizes utilizando o *software* Microsoft Excel para relatar os cálculos e que são representados pelas figuras 11, 12, 13, 14 e 15 conforme abaixo.

CRITÉRIOS									
	PREÇO	REL. BÁSICO	REL. AVANÇADOS	ATENDIMENTO	MATRIZ NORMALIZADA				VETOR
PREÇO	1	0,2	5	0,33	0,11	0,09	0,25	0,13	0,14
REL. BÁSICOS	5	1	9	1	0,54	0,43	0,45	0,39	0,46
REL. AVANÇADOS	0,2	0,11	1	0,2	0,02	0,05	0,05	0,08	0,05
ATENDIMENTO	3	1,00	5	1	0,33	0,43	0,25	0,39	0,35
TOTAL	9,2	2,31	20,00	2,53					

Figura 11 – Comparação entre os critérios a serem analisados

CRITÉRIO: PREÇO									
	SERVIÇO 1	SERVIÇO 2	SERVIÇO 3	SERVIÇO 4	MATRIZ NORMALIZADA				VETOR
SERVIÇO 1	1	0,2	0,2	5	0,09	0,12	0,05	0,21	0,12
SERVIÇO 2	5	1	3	9	0,45	0,61	0,70	0,38	0,53
SERVIÇO 3	5	0,33	1	9	0,45	0,20	0,23	0,38	0,31
SERVIÇO 4	0,2	0,11	0,11	1	0,02	0,07	0,03	0,04	0,04
TOTAL	11,2	1,6	4,30	24					

Figura 12 – Comparação entre o critério preço e os serviços

CRITÉRIO: REL. BÁSICOS									
	SERVIÇO 1	SERVIÇO 2	SERVIÇO 3	SERVIÇO 4	MATRIZ NORMALIZADA				VETOR
SERVIÇO 1	1	0,33	3	3	0,21	0,19	0,30	0,30	0,25
SERVIÇO 2	3	1	5	5	0,64	0,58	0,50	0,50	0,55
SERVIÇO 3	0,33	0,2	1	1	0,07	0,12	0,10	0,10	0,10
SERVIÇO 4	0,33	0,2	1	1	0,07	0,12	0,10	0,10	0,10
TOTAL	4,67	1,73	10	10					

Figura 13 – Comparação entre o o critério relatórios básicos e os serviços

CRITÉRIO: REL. AVANÇADOS									
	SERVIÇO 1	SERVIÇO 2	SERVIÇO 3	SERVIÇO 4	MATRIZ NORMALIZADA				VETOR
SERVIÇO 1	1	7	0,2	3	0,15	0,32	0,14	0,27	0,22
SERVIÇO 2	0,14	1	0,11	0,2	0,02	0,05	0,08	0,02	0,04
SERVIÇO 3	5	9	1	7	0,77	0,41	0,69	0,63	0,62
SERVIÇO 4	0,33	5	0,14	1	0,05	0,23	0,10	0,09	0,12
TOTAL	6,48	22	1,45	11,2					

Figura 14 – Comparação entre o critério relatórios avançados e os serviços

CRITÉRIO: ATENDIMENTO									
	SERVIÇO 1	SERVIÇO 2	SERVIÇO 3	SERVIÇO 4	MATRIZ NORMALIZADA				VETOR
SERVIÇO 1	1	9	5	3	0,61	0,38	0,55	0,67	0,55
SERVIÇO 2	0,11	1	0,14	0,14	0,07	0,04	0,05	0,03	0,04
SERVIÇO 3	0,2	7	1	0,33	0,12	0,29	0,11	0,07	0,15
SERVIÇO 4	0,33	7	3	1	0,2	0,29	0,33	0,22	0,26
TOTAL	1,64	24	9,14	4,48					

Figura 15 – Comparação entre o critério atendimento e os serviços

Levando em consideração que os as informações podem ser ambíguas ou que os julgamentos podem conter algum tipo de erro, Saaty (1991) apresentou o método de razão de consistência, sendo ele uma prática aplicada para levantar se existe alguma inconsistência existente nas matrizes de comparação que foram geradas. Tendo como objetivo final analisar se os julgamentos são coerentes. Saaty criou dois índices: Índice de coerência e Razão de coerência.

Para exemplificar, tendo o critério preço como exemplo, primeiramente, é multiplicada a matriz das comparações par a par das alternativas a partir do critério preço, que será chamada de matriz [A], pelo vetor de prioridades [B], que será chamada de matriz [A']. Gerando assim um novo vetor, chamado de matriz [C].

$$\begin{matrix} & A & & B & & A' & & C \\ \begin{bmatrix} 1 & 0,2 & 0,2 & 5 \\ 5 & 1 & 3 & 9 \\ 5 & 0,33 & 1 & 9 \\ 0,2 & 0,11 & 0,11 & 1 \end{bmatrix} & \times & \begin{bmatrix} 0,12 \\ 0,53 \\ 0,31 \\ 0,04 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 0,12 & 0,60 & 0,60 & 0,002 \\ 0,10 & 0,53 & 0,274 & 0,048 \\ 0,06 & 0,93 & 0,32 & 0,034 \\ 0,20 & 0,35 & 0,36 & 0,04 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 1,322 \\ 0,862 \\ 1,334 \\ 0,960 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

Após a multiplicação, cada componente do vetor C é dividido por seu correspondente no vetor B, para gerar o vetor D.

$$D = [1,332/0,12 ; 0,862/0,52 ; 1,334/0,31 ; 0,960/0,04] = [11,1 ; 1,66 ; 4,3 ; 24]$$

Daí em diante, λ_{\max} consiste na soma dos elementos do vetor D, dividida pela ordem da matriz: $\lambda_{\max} = 11,1 + 1,66 + 4,3 + 24 = 41,06/4 = 10,265$

O índice de coerência é calculado da seguinte forma: $IC = (\lambda_{\text{máx}} - n) / (n-1)$, onde IC é o índice de coerência. Logo, $(10,265 - 4) / (4-1) = 8,9$.

A razão de coerência é calculada a partir de $RC = IC / IR$, onde IR é o índice randômico e RC é a razão de coerência. O índice randômico podemos obter pelos valores representados na figura 16, como temos quatro critérios, nosso índice randômico é 0,90. Logo, $8,9 / 0,90 = 9,8$. Segundo Saaty, $RC < 10\%$, os julgamentos são coerentes. Neste caso, temos um julgamento coerente, pois foi cerca de 9,8%.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Figura 16 – Índices randômicos do AHP. Fonte: Saaty (1991).

Após realizar a comparação paritária entre os critérios em si e a comparação paritária entre cada critério com os respectivos serviços disponíveis, obtemos a tabela a seguir descrita na figura 17 contendo o melhor serviço disponível levando em consideração a aplicação do método AHP juntamente com as prioridades colhidas.

	PREÇO	REL. BÁSICOS	REL. AVANÇADOS	ATENDIMENTO	TOTAL
SERVIÇO 1	0,12	0,25	0,22	0,55	0,34
SERVIÇO 2	0,53	0,55	0,04	0,04	0,35
SERVIÇO 3	0,31	0,10	0,62	0,15	0,17
SERVIÇO 4	0,04	0,10	0,12	0,26	0,15
PONDERAÇÃO	0,14	0,46	0,05	0,35	

Figura 17 – Comparação entre os critérios e serviços.

6. Considerações finais

A metodologia que foi proposta aplicando o método AHP, mostrou-se bastante versátil para que pudéssemos escolher um sistema de rastreamento veicular que atendesse as expectativas do cliente final, podendo este ser aplicado em diversos problemas distintos para tomada de decisão.

Conforme apresentado, tendo como base as informações colhidas em relação aos critérios que foram levados em consideração, o serviço 2 mostrou-se como melhor opção em relação aos demais.

Embora o serviço 2 tenha se revelado inferior em alguns pontos aos demais serviços, o conjunto de características qualificadoras mostrou-se mais eficiente, tendo peso muito importante para a escolha do serviço de rastreamento. Mesmo o serviço 2 tenha se mostrado um pouco superior ao serviço 1, podemos ver que eles estão bem próximos, cabendo ao tomador de decisão levar em consideração se deve ou não seguir a alternativa escolhida através do modelo.

Esta análise também chegou a conclusão que, mesmo o AHP tendo uma certa tolerância em função de inconsistências, este fato não se torna um limitador para o uso do método, pois o mesmo mede todos os fatores de forma a tentar aproximar-se ao

máximo da realidade. Porém, (Grandzol, 2005) mostra que aplicar o método a ambientes que não sejam propícios, sendo eles quando a aplicação mostra-se apenas como uma simplificação sendo ela excessiva ou até mesmo um desperdício de tempo.

Referências

AMARAL acessado em 2016, disponível em: <http://docslide.com.br/documents/tcc-rastreamento-de-veiculos-julieta.html>

BELÓRIO, CRISTIANO LELES. **Descrição de um sistema de rastreamento veicular utilizando GPS**. 2005.

DRAGO, D.; DISPERATI, A. A. **Aspectos básicos sobre GPS**. Série didática, FUPEF, Curitiba, 1996.

PERDIGÃO, J.G.L. et al., **Processo Decisório**: Um estudo comparativo da tomada de decisão em organizações de Segmentos Distintos, In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Trabalho, Resende: Universidade Federal Fluminense, 2012, 17p.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura florestal**. San José, C.R. : Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (ICCA), 1997, 586p.

GRANDZOL, J.R. **Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: A Case for the Analytic Hierarchy Process**. Bloomsburg University of Pennsylvania. IR Applications Volume 6, August 24, 2005.

SAATY, T. L. **Principia mathematica decernendi**, Mathematical principles of decision making; Pittsburgh, PA: RWS Publications, 2010.

SAATY, T. L. **Toma de decisiones para líderes**: el proceso analítico jerárquico la toma de decisiones en un complejo. RWS Publications, 1997.

SEGADILHA, A.; SANCHES, S. **Análise de Rotas de Viagens por Bicicleta Usando GPS**, 2012.

SIQUEIRA, LUCIANO GOULARTE. **Aplicação bus tracker**: oferecendo uma melhor experiência aos usuários do transporte urbano, a partir da utilização de informações de rastreamento veicular, 2012.

WOLF, J. **Using GPS data loggers to replace travel diaries in the collection of travel data**, 2010.